



# Studies on the egg membranes and embryonic membranes of Zygentoma (insecta) : innovation of the egg membrane and embryonic membrane systems under the invasion and adaptation to terrestrial habitats in insects

著者	増本 三香
内容記述	Thesis (Ph. D. in Science)--University of Tsukuba, (A), no. 3981, 2006.3.24 Includes bibliographical references
発行年	2006
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/18248">http://hdl.handle.net/2241/18248</a>

【149】

氏 名（本籍）	ますもとみか 増 本 三 香（高 知 県）		
学 位 の 種 類	博 士（理 学）		
学 位 記 番 号	博 甲 第 3981 号		
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審 査 研 究 科	生命環境科学研究科		
学 位 論 文 題 目	<b>Studies on the Egg Membranes and Embryonic Membranes of Zygentoma (Insecta): Innovation of the Egg Membrane and Embryonic Membrane Systems under the Invasion and Adaptation to Terrestrial Habitats in Insects</b> (シミ目昆虫の卵膜・胚膜の研究 – 昆虫の陸域への進出と適応における卵膜系・胚膜系のイノベーション)		
主 査	筑波大学教授	理学博士	井 上 勲
副 査	筑波大学教授	理学博士	杉 田 博 昭
副 査	筑波大学教授	理学博士	山 岸 宏
副 査	筑波大学助教授	理学博士	町 田 龍一郎

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

昆虫類は、全動物種の約 4 分の 3 を占めるほどに地球上で大繁栄した動物群である。この昆虫類の適応放散はすべて「陸域」で遂げられてきたことを考えると、昆虫類の「陸上進出」・「陸域環境への適応」は議論されなければならない重要なイベントである。

いまだ翅を獲得していない原始的な「無翅昆虫類」のうち、シミ目以外のグループは高湿度な環境に生息する。これに対し、有翅昆虫類ならびにそれに最も近縁な「無翅昆虫類」であるシミ目は乾燥した場所に進出、生息し、シミ目は、土壌中などの高湿度環境から乾燥環境への進出に、昆虫類で初めて成功したグループと理解される。本論文は、日本産の 9 種のシミ目昆虫を材料に胚発生過程において卵内の恒常性維持に深く関わりと考えられる「卵膜」と「胚膜」を検討することにより、昆虫類の「陸上進出」・「陸域環境への適応」を卵膜系・胚膜系のイノベーションという観点から議論するものである。

### 1. 卵膜

#### 1-1. 卵膜の胚保護機能

シミ目以外の「無翅昆虫類」の卵膜は脆弱で胚保護機能をほとんどもたないのに対し、シミ目の卵膜は、有翅昆虫類と同様に、胚発生を通して堅牢であることが明らかになった。シミ目の卵膜は、進化の過程で初めて堅牢となり、胚保護機能を獲得するに至ったと考えることができる。

#### 1-2. 卵殻と卵黄膜の特徴

有翅昆虫類の卵殻は一般的に卵黄膜の数倍から数十倍の厚さがあり、卵黄膜はほとんど胚保護機能がないとされている。本研究においてシミ目の卵殻と卵黄膜の厚さを比較した結果、卵黄膜は非常に厚く、卵殻の数倍の厚さのあることが解った。このことから、卵膜の胚保護機能を担うのは有翅昆虫類では卵殻であるのに対して、シミ目では卵黄膜であることが示唆され、昆虫類が「陸上進出」・「陸域環境への適応」を最初に

果たした際の初原状態を示すものと理解される。

### 1-3. 卵門

「無翅昆虫類」において唯一、シミ目が卵門を発達させることを明らかにした。そして、卵門下の卵黄膜は産卵時には未完成で精子進入が可能であることも明らかにした。堅牢な卵膜を発達させたシミ目は、同時に卵門も獲得したのである。

## 2. 胚膜

### 2-1. 胚膜ヒダの形成および特徴

シミ目の胚膜ヒダは、イシノミ目と同様に、漿膜ヒダに羊膜が付加することで産生される、初原的なものであることが明らかになった。

一方、胚膜ヒダに関してシミ目と有翅昆虫類が重要な特徴を共有することが明らかになった。より原始的なイシノミ目の胚膜は胚保護機能をもたないと理解されるのに対して、シミ目では有翅昆虫類と同様ダイアポーズ期が明確で、胚膜は胚保護機能をもつことが明らかになった。以上の検討から、シミ目は胚膜ヒダ形成の点で原始的状态をとどめているものの、有翅昆虫類の胚膜がもっているような胚保護機能を、シミ目の胚膜はすでに獲得していると理解される。

### 2-2. 胚膜孔閉鎖様式

シミ目の胚膜孔閉鎖様式は定式化していないものの、有翅昆虫類にみられるのと同様の様式、つまり胚膜ヒダの融合によって行われる例が確認された。シミ目は、胚膜ヒダの融合によって完全に閉鎖する有翅昆虫類タイプの胚膜孔閉鎖様式を、昆虫類で初めて獲得したと理解できる。

### 2-3. 胚定位型

上記の2項目において、シミ目の段階で、胚膜の発達や新たな胚膜孔閉鎖様式の獲得が起こることにより、胚保護機能が向上し、このことが昆虫類に「陸上進出」・「陸域環境への適応」をもたらしたであろうことが示唆された。そこでこの際の胚発生の基本型を理解するために、ダイアポーズ期における「胚定位型」について検討した。

28S rDNAに基づいて新たに構築した系統樹を基にシミ目の胚定位型を評価したところ、「部分陥入型」がシミ目の胚定位型の基本型であることが示唆された。また有翅昆虫類においても「部分陥入型」が基本型であることが類推されたことから、有翅昆虫類とシミ目からなる双関節丘類の胚定位型の基本型は「部分陥入型」であり、それ以外のタイプは各グループで独自のあるいは平行的な獲得であるとの可能性が示唆された。

「陸域」で爆発的な適応放散を遂げた昆虫類にとって、「陸上進出」・「陸域環境への適応」はもっとも重要なイベントの一つである。このような観点にたつて、「陸上進出」・「陸域環境への適応」を遂げた最初の昆虫類としてシミ類を捉え、その卵膜・胚膜を詳細に検討した結果、昆虫類の「陸上進出」・「陸域環境への適応」を保証する卵膜系・胚膜系のイノベーションを、シミ目昆虫はまさに最初に果たした昆虫類であることが明らかとなった。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

増本氏は、爆発的な適応放散を専ら陸域で遂げてきた昆虫類の理解においては、「陸上進出」・「陸域環境への適応」に関わるイベントの解明が重要であるとの立場をとった。そして、このような「陸上進出」・「陸

域環境への適応」を最初に果たした昆虫類としてシミ目を捉え、それを保証するイノベーションを卵膜系・胚膜系に求めるとの独創的な研究を展開した。種々のテクニックを駆使、論文の目的を十分に達成し、昆虫類の「陸上進出」・「陸域環境への適応」の過程で起こったであろう卵膜系・胚膜系のイノベーションを明らかにするとともに、シミ目昆虫はまさにこれらのイノベーションを最初に果たした昆虫類であることを論証した。成果の一部は、すでに英文論文として国内誌に3篇公表、国外誌 *Tissue & Cell* に1篇受理されている。本論文の成果は、昆虫の系統進化を論考する上で、着実かつ新たな論点を与えるものであり、当該分野における重要なコントリビューションとして大いに評価できるものである。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。